

## 場所依存情報共有システムに関する研究の概要

### Abstract of the Location Aware Information System

総括代表者 ; 玉川大学工学部 椎尾一郎  
共同研究代表者 ; 株式会社アルゴクラフト 大脇正彦

#### 概要 ;

任意の場所の空中に、仮想的な手書きメモを貼りつけられる拡張現実システム「空気ペン」システムを開発した。透過形ヘッドマウントディスプレイを装着したユーザ達が、ジャイロセンサ内蔵のペンで空中にメモ書きを行うと、その内容を共有して見ることができる。ウェアラブルコンピュータを新しい情報共有メディアとして利用するためのアプリケーションとして本システムを提案した。

一方、壁、床、机、紙、本などの平面に ID タグを貼りつけるだけで、任意の平面をタブレットのような入力装置として利用できる、簡易的な二次元位置入力装置 FieldMouse を開発した。FieldMouse は、バーコードリーダなどの ID 読み取り装置と、機械式マウスなどの相対位置検出装置の組み合わせで構成される。本装置を用いて、さまざまな場所依存情報提供アプリケーション、例えば、壁や床の中の様子を閲覧する拡張現実システム、音の出る紙の絵本などの試作と評価を行った。

#### Abstract;

We have developed an augmented reality system called the Air Pen, with which users can put hand-drawing messages on the air using gyro sensor pens. They can share messages by looking through see-through head mounted displays. The Air Pen system would be a new information sharing media using wearable computers.

We also have developed a simple position detector called the FieldMouse and many location aware information systems using this device. The FieldMouse is a combination of an ID tag reader such as a bar-code reader and a relative movement detector such as a mechanical mouse. By using this device, any paper or a flat surface can work as a pointing device that support absolute position input. We have developed various applications, such as, simple augmented reality systems to browser structures behind walls or under floors, interactive paper picture books, and paper based graphical user interface (GUI) systems.

#### キーワード ;

拡張現実、ウェアラブルコンピュータ、仮想現実、実世界指向インタフェース、入力装置

研究成果外部発表等；

1. 椎尾一郎、"RFID を利用したユーザ位置検出システム", 情報処理学会研究会報告 00-HI-88, 2000.5.12, pp.45-50.
2. 椎尾一郎, 米山誠, "Virtual Glassboat:カートによる簡易型拡張現実システム", インタラクシオン'2000 論文集、情報処理学会シンポジウムシリーズ Vol. 2000, No. 4, pp. 163-164, 2000.2.29-3.1
3. 椎尾一郎, 増井俊之, 福地健太郎, "FieldMouse による実世界インタラクシオン" インタラクティブシステムとソフトウェア VII (日本ソフトウェア科学会 WISS'99) pp. 125-134, 近代科学社, ISBN4-7649-0279-6, 1999.12.1-3
4. Itiro Siio, Toshiyuki Masui, Kentaro Fukuchi "Real-world Interaction using the FieldMouse" CHI Letters, Vol.1, Issue 1 (Proceedings of the UIST'99), pp.113-119, ACM Press, 1999.11.7-10
5. 増井俊之, 椎尾一郎, 福地健太郎, "紙 GUI による情報家電制御"第 59 回情報処理学会全国大会講演論文集,1999.9
6. 山本吉伸, 椎尾一郎, "空気ペン 空間への描画による情報共有 - " 第 59 回情報処理学会全国大会講演論文集,1999.9
7. 椎尾一郎, 米山誠, "Virtual Glassboat:床下ブラウザ"第 59 回情報処理学会全国大会講演論文集、1999.9.30
8. 椎尾一郎, 増井俊之, "Absolute Mouse による実世界インタラクシオン"情報処理学会研究会報告 99-HI-83, 1999.5.13-14
9. 椎尾一郎, 増井俊之, "Absolute Mouse:絶対座標マウスとその応用"、第 58 回情報処理学会全国大会講演論文集(4)、pp.153-154,1999.3.11
10. 椎尾一郎, "Scroll Browser:壁の中ブラウザ",インタラクシオン'99 論文集、情報処理学会シンポジウムシリーズ Vol. 99, No. 4, 1999.3.5
11. 椎尾一郎, "Scroll Browser: 簡易型拡張現実システム", 情報処理学会研究会報告 99-HI-82, pp.17-22, 1999.1.29
12. Itiro Siio and Norihiro Arita, "Scroll Browser: Looking behind Walls" 1st International Conference on Advanced Multimedia Content Processing, p. 466, Japan Society of Software Science and Technology, Nov. 1998
13. (新聞記事紹介)「ペンで家電を操作 紙をなぞると作動」日本経済新聞、1999年5月8日
14. (新聞記事紹介)「空中に文字 見えた!？」日刊工業新聞、2000年4月19日(第一面)
15. (雑誌記事紹介)「機器の操作を簡単にするペン型入力装置」Newton, Vol. 19, No. 9, page 11, 1999.8.7.
16. (テレビ放映)NHK ニュース、1998年11月9日 6:30PM
17. (テレビ放映)テレビ大阪、美しき科学シグナス、1999年2月7日 9AM
18. (雑誌記事紹介)藤川和利「マルチメディアと芸術の深い関係を目指して - AMCP'98 ダイナミックメディアコンテスト - 」bit Vol.31, No.2, 共立出版, February 1999.

# 場所依存情報共有システムに関する研究

## The Location Aware Information System

玉川大学工学部

椎尾一郎

株式会社アルゴクラフト

大脇正彦

### 1. はじめに

1980 年代から 1990 年代にかけての情報処理研究におけるヒューマンコンピュータインタラクション(HCI)技術を一言で総括するとすれば「物理的制約からの開放」だったと言える。インターネット環境での協調作業支援やモビリティを生かした情報システムの提案など、物理的制約をいかに解放するかがポイントであった。ある特定の場所に行くことなく、必要なサービスを受けることが出来るようにしようと努力してきたのである。

しかし、従来のこのような動きとは逆に、物理制約を積極的に取り入れて、日常生活における気配や手触りを情報処理手段に取り入れようという、実世界指向インタフェースが、最近さかんに研究されるようになってきている。筆者らは、特に実世界の場所の制約を利用した「場所依存型情報処理」が 2000 年代の社会ニーズになっていくであろうと予測している。本稿で言う場所依存型情報処理とは、物理的な位置、空間、場所（あるいはより広く状況）をベースとした情報処理技術である。たとえば、利用者が存在している物理的な空間に応じて異なるサービスを提供するといった情報システムや、利用者の特定手段として物理的な場所を使うことで匿名性を保証する情報システムが場所依存情報システムに含まれる。情報機器が小型化して、日常生活のあらゆる場面で利用可能になったこと、利用者の状況に基づいた高度なサービスによる個別化が求められていることなどが、場所依存型情報処理の実用化を加速していくであろう。

このような背景のもと、筆者ら研究グループは場所依存型の情報システムを実現するための要素技術開発と、そのアプリケーションの開発に取り組んできた。要素技術としては紙、本、机、壁、床、地面などの平面上における安価で安定した位置情報取得デバイス、FieldMouse を開発して、これによるさまざまなアプリケーションを試作したので、第 2 章で報告する。一方、上記のニーズを満たす情報サービスのうち、場所依存型の考え方に基づくコミュニケーションメディアの開発に取り組んできたので第 3 章で報告する。第 4 章ではまとめと今後の課題について述べる。

### 2. 簡易型平面位置検出装置 FieldMouse とその応用

#### 2.1 場所依存情報システムにおける位置検出装置の課題

実世界指向インタフェースでは、遍在するコンピュータ[18]、携帯する / 身につけるコンピュータを用いて、コンピュータの存在を透明にすることと[10]、日用品を使った直感的な操作を提供すること[6]が課題になっている。このような、コンピュータにより強化された環境を実現するために、従来の机[3][7][19]や紙[2][16][1]などを使って情報を入出力するシステムが多数試作されている。

このようなシステムにおいて、実世界における位置情報をコンピュータに伝えることが重要な課題である。たとえば、多くの拡張現実 (AR: Augmented Reality) システムでは、ユーザとシステムの位置を検出するために、ビデオカメラや 3D 位置トラッカーが使われている[5][12]。これらのデバイスは通常、重く大きく高価であり、調整が面倒である[4]。紙や平面上でのユーザ操作を入力するためにも、通常タブレットやビデオカメラが使われる[11][17]。普通の紙や机の機能を強化するためにはこのような装置が不可欠であった。

## 2.2 FieldMouse

そこで筆者らは、FieldMouse と名づけた安価な入力装置を提案し、さまざまなモデルを試作した。これにより特別なタブレットや位置検出装置を使わずに、任意の紙や平面の上での位置入力が可能になる。FieldMouse は、バーコードリーダのような ID タグ認識装置と、マウスのような相対位置検出装置を組み合わせた入力デバイスである。最初にユーザは、本装置で場所のわかっている ID タグを読み込む。つぎに本装置を動かすと、相対位置検出部からの情報によりその場所の絶対位置を知ることができる。

FieldMouse により、平面にバーコードなどの ID タグを貼るだけで、任意の紙や平面をタブレットのような絶対位置入力装置として利用することができる。また ID タグを読み込んだ後の移動量や方向を解析することで、従来のコンピュータ画面での GUI (Graphical User Interface) に基づく操作を、紙や任意の平面の上で実現することができる。

FieldMouse は ID タグ検出装置と相対位置検出装置の任意の組み合わせで構成される。前者にはバーコード、二次元コード、RFID (Radio Frequency Identification)リーダなどが、また後者にはマウス、ジャイロ、加速度検出装置などが利用可能である。

最も簡単な組み合わせは、ペン型のバーコードリーダとペン型の機械式マウスの組み合わせである。



図 1. ペン型マウスとバーコードリーダを組み合わせた FieldMouse の試作品。

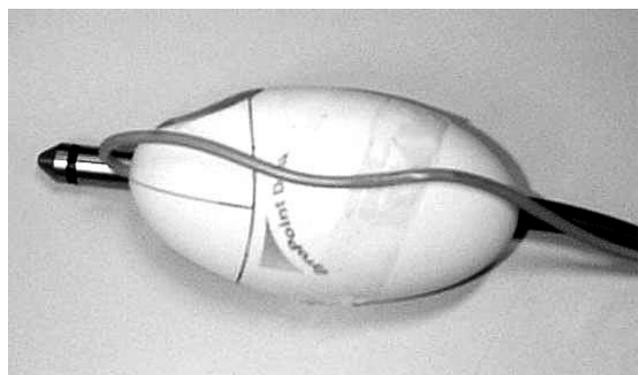


図 2. ジャイロマウスとバーコードリーダを組み合わせた FieldMouse の試作品。

図 1 に、機械式ペンマウス (APPOINT 社 Computer Crayon) とバーコードリーダ (AIMEX 社 BR-530AV) を組み合わせた実装例を示す。

マウス移動量の誤差は、原点の ID タグからの移動量と共に累積する。FieldMouse を原点に戻して移動し ID タグを読み直すと、累積誤差は解消する。移動量が多く、かつ精度が要求される分野への応用分野では、ID タグを複数の場所に貼りつけ、補正の機会を増やして精度を改善する手法も考えられる。

FieldMouse の相対位置検出部には、固体ジャイロ素子を利用することもできる。図 2 に、ペン型のバーコードリーダと回転運動を検出するジャイロ素子を内蔵した「ジャイロマウス」 (Gyration 社 GyroPoint) を組み合わせた実装例を示す。ジャイロ素子を利用した相対位置検出精度は良くないものの、平面に押し当てるこ

となく空中で使用することができるので、機械式マウスに比べてジェスチャー入力が容易である。

このほか、相対位置検出装置として、光学式マウスや車輪を使用した装置や、ID タグ検出装置として RFID タグを使用した装置についても試作し、性能を評価した（たとえば図 5）。

以下では、実際に試作したシステムを交えて、FieldMouse の応用について述べる。

### 2.3 指示型アプリケーション

平面上の対象物を指示するデバイスとして用いることが、FieldMouse の最も単純な応用である。GUI 画面におけるポイント+クリック操作が、FieldMouse の ID タグスキャン+ドラッグ+クリック操作で実現できる。これにより、任意の紙や平面の任意の点が指示可能になる。

例えば WWW ページのハードコピーにバーコードが一つ印刷されていれば、ハードコピーの中の複数のリンク情報にアクセスすることが可能である。また、雑誌の全ページの余白にバーコードが印刷されていれば、雑誌の任意のページがタブレットのように利用できる。

#### 2.3.1 ActiveBook

Active Book は、ページの一部に貼りつけたバーコードを起点に、FieldMouse を動かすことで、紙の上に埋め込まれた情報にアクセスできる本である。図 3 は試作した Active Book の例である。絵本のページの左上のバーコードを読み取った後、登場人物の上へ移動してボタンをクリックすると、登場人物の台詞が音声で再生される。

この実験絵本は、Living Books シリーズの製品[13]を元にして作られた。これはコンピュータ画面に絵本の画面を表示して、ユーザが画面の中のキャラクターをクリックすることで音やアニメーションを楽しむことができるインタラクティブ絵本の一つである。製品には、オリジナルの紙の絵本が付属している。



図 3. FieldMouse デバイスでページの上のキャラクターを指示するとせりふや音が聞こえるインタラクティブ絵本 ActiveBook。

図 3 の ActiveBook の各ページは HTML で記述されている。Living Books のソフトウェアで使われている音声データを抽出して、これへのリンクを HTML のクリックブルマップに埋め込んだ。紙の絵本の各ページの隅に、この HTML ファイルの名前をエンコードしたバーコードラベルを貼りつけた。FieldMouse により、ページの中のバーコードが走査されると、対応する HTML ファイルが読み込まれ、次に絵本の中のキャラクターの一つが選択されると、ここに埋め込まれた音声データが再生される。

HTML を採用したことで、クリックブルマップをサポートしている数多くの HTML エディターをオーサリング作業に利用できる

メリットがある。さらに、サウンドデータ以外にもさまざまなデータを WWW 経由で配布することができる。また、作成した HTML ファイルを WWW 上で公開する目的に流用することも可能である。

絵本のほか、(1) テレビ番組雑誌に適用して、赤外リモコンインタフェース経由で録画予約を行なっ

たり、チャンネルを切り替える、(2) 地図帳に適用して、ナビゲーションシステムに目的地や現在地を入力する手段として使う、(3) ビデオテープタイトルやカラオケ曲名のメニューブックに応用して、目的のコンテンツの再生を行なうなどの応用が可能である。

本のリンク領域すべてにバーコードを配置すれば、FieldMouse を使用しなくとも Active Book を実現できる。これに対して FieldMouse を使った手法は、ページ毎に 1 個のバーコードを貼りつけることで実現できるので、バーコードが本来の印刷情報の邪魔になりにくいという利点がある。

## 2.4 簡易型 AR システム

FieldMouse を実世界の平面の位置検出装置として用い、コンピュータ情報を表示する携帯型ディスプレイと組み合わせることで、簡易型の AR システムを作ることできる。

### 2.4.1 Scroll Browser

図 4 は壁の中にある情報を閲覧するための装置、Scroll Browser である。これは FieldMouse と片手で持つ携帯ディスプレイを組み合わせたシステムである。ユーザが FieldMouse で壁の上をこすると、ディスプレイに表示された内容がスクロールして、指示した場所の壁の中の配線や柱の様子をのぞき見ているかのような幻想を得ることができる。

現在のほとんどの AR システムは 3D のモデルを採用しているが、2D だけでも十分な応用分野は多い。たとえば、改築やメンテナンスのために、壁や地下の配線や配管の様子がわかると便利である。

このような応用で情報を表示するためには、平面の上の 2D の位置検出ができれば十分である。その有用性を確認するために、図 8 に示す 90cm x 90cm の大きさの合板に壁紙を貼りダミーの壁を作り、この中の様子を表示するシステムを試作した。ダミーの壁の中央にはスイッチを埋め込み、背面には電気配線と柱を取りつけた。壁の表面には、アイコンや説明が添えられた複数のバーコードステッカーが貼りつけられている。ユーザが一つのバーコードを FieldMouse で読み取ると、それぞれに対応する画像がディスプレイに表示され、FieldMouse の移動に伴って反対方向に移動量だけスクロールする。

Scroll Browser は、筆者らのバーコードを使った実世界情報配置の研究[15]および、マウス装置を内蔵した小型コンピュータ向けスクロール機構[14]の研究の延長にあるシステムである。

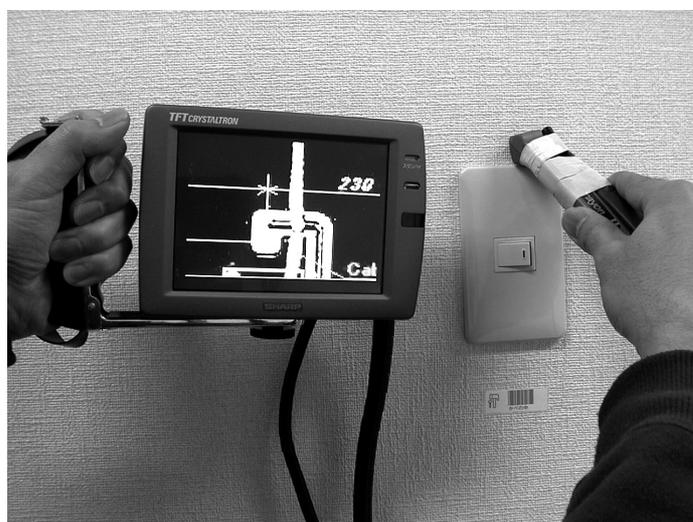


図 4. Scroll Browser の全景。LCD と指示装置部で構成される。指示装置を壁に当てて動かすと、その場所の情報が LCD に表示される。

#### 2.4.2 Virtual Glassboat

図 5 に、地面や床の下の情報を見るための簡易型 AR システム Virtual Glassboat の試作装置を示す[22]。Scroll Browser は FieldMouse の機能を使って壁の中を閲覧するシステムであったが、Virtual Glassboat は地面や床に結びつけた情報を閲覧するシステムである。本装置は、カートの上に、コンピュータディスプレイを上向きに設置・搭載した装置である。車輪の回転から装置全体の移動量と回転を測定でき、移動・回転方向と逆の方向にディスプレイの内容をスクロール表示する。この結果、ディスプレイ枠を通して、その場所の配管、配線、床下構造などの様子を覗き見るかのような拡張現実感を得ることができる。海洋公園などにある、船底がガラス張りになった遊覧船にちなんで、Virtual Glassboat と名づけた。

図 5 に示す試作機で使用したカート (C&C KUWANO、メッシュラブ、荷台面 555 x 393 mm) には、車輪が 4 個あり、うち前輪の 2 個が方向可変、後輪の 2 個は方向固定である。車輪は硬質ゴム製で、直径 75 mm、幅 19 mm、後輪の間隔は 265 mm である。固定後輪の回転を測定することで、カートの位置と方向の変動を知ることができる。そこで図 2 に示すように、後輪 2 個の側面に 8 片の金属箔を放射状に貼り付け、金属箔からの反射を読み取れる位置に、反射型フォトインタラプタ (SHARP, GP2S22) を 2 個ずつ取りつけた。市販のマウス (サンワサプライ MA-401PS) のコントローラ部を利用して、フォトインタラプタの信号を搭載ノート PC (Panasonic, CF-27, OS は Linux) のマウスポートに入力した。これにより車輪の回転数と回転方向を測定できる。

絶対位置を知るために、RFID (Radio Frequency Identification) タグを床や地面に設置し、カートの先頭に取り付けた RFID リーダ (OMRON, V700-HMD11) で読みとる (図 6)。RFID タグは床のカーペットの下などに設置することもできる。屋外でのアプリケーションにおいては、地下に埋設したタグを利用することも可能である。

搭載 PC 上で稼働する情報閲覧プログラムは、フォトインタラプタと RFID リーダからの情報からカートの回転・移動を計算して、表示を回転・スクロールする。現在の試作プログラムは、PostScript ファイルの線・円弧・文字を表示する機能がある。



図 5. Virtual Glassboat。カートに搭載されたコンピュータ画面が、移動方向と逆にスクロールする。



図 6. カートの底面。後輪 (右) の回転を測定する。また先頭部分 (左) には RFID リーダが取り付けられ、床の上の RFID タグ (左下) を読みとる。

### 3. 空気ペンによる情報共有システム

#### 3.1 場所依存情報システムによる情報メディア

小型化が急速に進むパーソナルコンピュータ(PC)は、携帯コンピュータからウェアラブル(身につけた)コンピュータへと進展しつつある。現在商用化されているウェアラブルコンピュータは、単に持ち運べるデスクトップ PC との位置づけである。ウェアラブルコンピュータの本当の可能性を引き出すためには、デスクトップ PC とはまったく異なるアプリケーションが必要である。筆者らは、位置に依存した情報を提供する情報メディアがウェアラブルコンピュータのキラーアプリケーションになると考え、空気ペンと名づけたシステムの試作を行った[23]。

#### 3.2 空気ペン

空気ペンは、街角や廊下など、任意の空間に自由に手書きで文字や絵を書き込むことのできるデバイスであり、主に Head Mounted Display (HMD)を通して情報を見ることができる。空気ペンシステムは、ユーザの立ち位置やペンの空間座標を取り込むための位置センサ、ペンの動きやユーザの顔の向きを検出する加速度センサ、ユーザごとのペンの動きを記録し複数のユーザに配信するためのサーバと無線 LAN、サーバからの情報を視覚化する小型 PC および HMD から構成される。位置センサには、FieldMouse のような相対位置検出装置と ID タグ読み取り機の組み合わせが利用できる。また屋外であれば GPS の利用も可能である。本試作システムでは市販の位置センサを用いている。

図 7 は、試作した空気ペンシステムを操作している様子である。HMD には市販のシースルー(映像と背景を重ねて見ることが出来る)型のものを利用し、ユーザの書いた図形は空間の中に浮いているように表示される。

図 8 にユーザが見ている表示の例を示す。ユーザがボタンをクリックすることでボードが視野中央に現れるので、そこに図形を記入する。図形の記入中は、頭を動かしてもボードは視野中央から移動しないので、書きやすくなっている。終了後に再びボタンをクリックすればボードが空間に浮遊しているように表示される。浮遊しているボードまでの距離が常に表示されている。図 8 中の黒い背景部分は、実際には実世界が透けて見えるを重ねてみることになる。

Linux で構築されたサーバは、一台あたりのクライアントが概ね数十人以下であるとの想定で設計された。描画データはボードへの描画が完結するごとにサーバに転送され、毎回ブロードキャストされる。重要な概念である所有権(描画したデータを消したり移動したりする権利)や、グループ所有権(同一グループ内だけでの閲覧が可能になる)が設定可能である。

HMD を装着しない構成についても試作と実験を進めた。ペンデバイスに小型のディスプレイを組み込んだデザイン

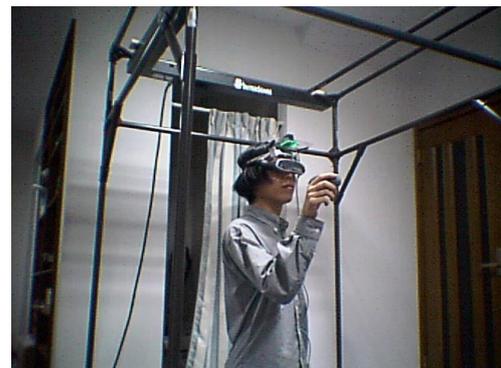


図 7 試作した空気ペンシステム

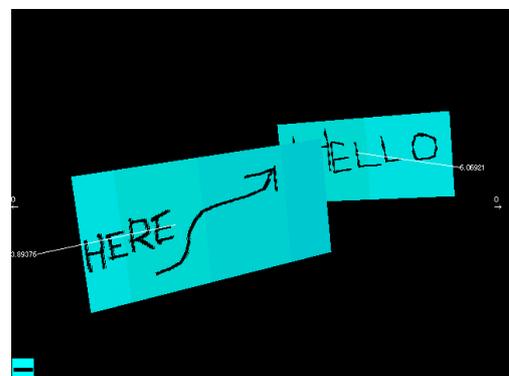


図 8 HMD に表示される内容の例。黒い部分には、実際には外界の様子が見える。

モックアップを作成して使い勝手を評価した。また、公共的な掲示板への書き込みによる情報共有を実験するために、プロジェクターを設置して、ここへの書き込みも試みた。

#### 4. まとめと今後の課題

位置依存情報共有システムの実現に向けて、簡易型の二次元位置検出装置 FieldMouse デバイスを開発して、さまざまなアプリケーションを試作した。また、空中に手書きメモを書き込み情報共有するシステム空気ペンを試作した。

今後は、FieldMouse を構成する位置検出装置と ID 読み取り装置の組み合わせをさらに実験して、より安定したデバイスを目指すとともに、本報告で紹介した以外のアプリケーションの試作と実証を行う。具体的には、実世界の紙の上などにおいて画面上の GUI に類似した操作性を実現する紙 GUI の試作と評価 [8][20][21]、Active Book を地図帳に応用して電力需要者検索を行うシステムなどを計画している。また、Virtual Glassboat を博物館展示やインタラクティブアートに応用する計画も進めている。空気ペンに関しては、靴に加速度センサー、超音波センサ、RFID リーダを組み込んだ形態の FieldMouse を試作して、これを屋内・屋外向けの位置検出装置として利用する計画を進めている。

#### 参考文献

1. CrossPad. <http://www.cross-pcg.com/>.
2. Toshifumi Arai, Dietmar Aust, and Scott E. Huson. Paperlink: A technique for hyperlinking from real paper to electronic content. In Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 97), pages 327-334. Addison-Wesley, April 1997. <http://www1.acm.org:82/sigs/sigchi/chi97/proceedings/paper/seh.htm>.
3. Toshifumi Arai, Kimiyoshi Machii, Soshiro Kuzunuki, and Hiroshi Shojima. Interactive desk: a computer-augmented desk which responds to operations on real objects. In CHI 95 Conference Companion, pages 141-142. Addison-Wesley, May 1995.
4. Ronald T. Azuma. A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6(4): 355-385, August 1997. <http://www.cs.unc.edu/azuma/ARpresence.pdf>.
5. George W. Fitzmaurice. Situated information spaces and spatially aware palmtop computers. Communications of the ACM, 36(7): 39-49, July 1993. <http://www.acm.org/pubs/citations/journals/cacm/1993-36-7/p39-fitzmaurice/>.
6. Hiroshi Ishii and Brygg Ullmer. Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 97), pages 234-241. Addison-Wesley, April 1997. <http://www.acm.org/sigchi/chi97/proceedings/paper/hi.htm>.
7. Motoki Kobayashi, Hideki Koike. EnhancedDesk: Integrating Paper Documents and Digital Documents. In Proceedings of Asia Pacific Computer Human Interaction (APCHI 98), pages 57-62. IEEE Computer Society, July 1998.
8. 増井俊之:実世界指向プログラミング, 第 40 回プログラミングシンポジウム報告集, pp.19-25, 1999.
9. Shinji Nabeshima, Shinichirou Yamamoto, Kiyoshi Agusa, and Toshio Taguchi. MEMO-PEN: A new input device. In CHI 95 Conference Companion, pages 256-257. Addison-Wesley, May 1995. <http://www.acm.org/pubs/citations/proceedings/chi/223355/p256-nabeshima/>.
10. Donald A. Norman. The Invisible Computer: Why Good Products Can Fail, the Personal Computer Is So Complex, and Information Appliances Are the Solution. The MIT Press, 1998.
11. Jun Rekimoto. Pick-and-Drop: A Direct Manipulation Technique for Multiple Computer Environments. In Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST 97), pages 31-39. ACM Press, October 1997.

12. Jun Rekimoto and Katashi Nagao. The world through computer:. In Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST 95), pages 29-36. ACM Press, November 1995.
13. Mark Schlichting. Harry and the Haunted House. Living Books, 1994.
  14. Itiro Siiio. Scroll display: Pointing device for palmtop computers. In Asia Pacific Computer Human Interaction 1998 (APCHI98), pages 243-248. IEEE Computer Society, July 1998.
15. Itiro Siiio, Yoshiaki Mima, "IconStickers: Converting Computer Icons into Real Paper Icons" Human-Computer Interaction, Ergonomics and User Interfaces, Volume 1 (HCI International '99) pp. 271-275, ISBN 0-8058-3391-9, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Aug 22-26, 1999.
16. Lisa J. Stifelman. Augmenting real-world objects: A paper-based audio notebook. In CHI 96 Conference Companion, pages 199-200. ACM Press, April 1996. <http://lisa.www.media.mit.edu/people/lisa/chi96.html>.
17. Hiroshi Usuda and Mitsuhiro Miyazaki. The multimedia interface using paper : Ultra Magic Key. In Proceedings of Asia Pacific Computer Human Interaction 1998 (APCHI 98), pages 393-397. IEEE Computer Society Press, July 1998.
18. Mark Weiser. Some computer science issues in ubiquitous computing. Communications of the ACM, 36(7): 75-84, July 1993.
19. Pierre Wellner. Interacting with paper on the DigitalDesk. Communications of the ACM, 36(7): 87-96, July 1993.
20. Itiro Siiio, Toshiyuki Masui, Kentaro Fukuchi "[Real-world Interaction using the FieldMouse](#)" CHI Letters, Vol.1, Issue 1 (Proceedings of the UIST' 99), pp.113-119, ACM Press, Nov. 7-10,1999
21. 椎尾一郎, 増井俊之, 福地健太郎, "FieldMouse による実世界インタラクション"インタラクティブシステムとソフトウェア VII (日本ソフトウェア科学会 WISS'99 ) pp. 125-134, 近代科学社, ISBN4-7649-0279-6, 1998.12.1-3
22. 椎尾一郎 , 米山誠, "[Virtual Glassboat:床下ブラウザ](#)"第 59 回情報処理学会全国大会特別セッション(2)講演論文集、pp.179-180,1999.9.30
23. 山本吉伸, 椎尾一郎, "[空気ペン 空間への描画による情報共有](#) - "第 59 回情報処理学会全国大会講演論文集(4)、pp.39-40,1999.9.29